

# BIGSOUTH

## BIOGEOCHEMICAL CYCLES IN THE SOUTHERN OCEAN: ROLE WITHIN THE EARTH SYSTEM



Ijsbreker R.V. Polarstern gevat in Antarctisch pakijns tijdens de poolnacht in juli 2013. Foto Stefan Hendricks

**BIGSOUTH is een door het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) gefinancierd multidisciplinair netwerk waarin ploegen van de Vrije Universiteit Brussel, de Université Libre de Bruxelles, de Université catholique de Louvain, de Université de Liège alsook het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika de krachten bundelen. Het netwerk bestudeert de biogeochemische processen die bepalend zijn voor de efficiënte werking van de koolstofbiopomp in de Antarctische Oceaan.**

### **De Antarctische Oceaan**

De Antarctische Oceaan, ook wel Circumpolaire Oceaan genoemd, stelt ongeveer 18% van het globale oceaanoppervlak voor en omringt volledig het Antarctische Continent. Deze oceaan functioneert als een ware draaischijf waarlangs de uitwisseling tussen de Atlantische, Indische en Stille Oceanen zich voltrekt zoals gestuurd door de thermo-haliene circulatie, ook 'Conveyor Belt' genoemd (letterlijk 'transportband'). De aanwezigheid van zee-ijs, dat sommige

winters tot 40% van het oceaanoppervlak kan omvatten, maakt van de Antarctische Oceaan een zeer dynamisch en complex gebied met een belangrijke invloed op het klimaat. Vorming van diepzeewater langsheen het Antarctisch Continent als gevolg enerzijds van zee-ijsvorming en anderzijds van de circumpolaire *upwelling* van diepwater, maken dat de Antarctische Oceaan fungeert als doorgeefluik voor gasuitwisseling tussen atmosfeer en diepzee.

De Conveyor Belt-circulatie zorgt voor een aanvoer van nutriëntenrijk (nitraat, fosfaat, silicaat) diepwater naar het oceaanoppervlak waardoor potentieel een grote productiviteit zou kunnen ondersteund worden. Met uitzondering van enkele specifieke systemen (zie verder), is dit echter niet het geval, en dit wegens een relatief tekort aan opgeloste micronutriënten en spoorelementen zoals Fe, Mo, Cu, Zn, ... die noodzakelijk zijn voor een normale algengroei. Dit tekort aan micronutriënten is te wijten aan het geografische isolement van deze oceaan en de grote afstand tot de omringende continenten, waardoor winderosiemate-



aan terreinwerk en in-vitrowerk wordt ook onderzoek gedaan naar de ontwikkeling en optimalisering van gekoppelde biogeochemische en zee-ijsocceanmodellen.

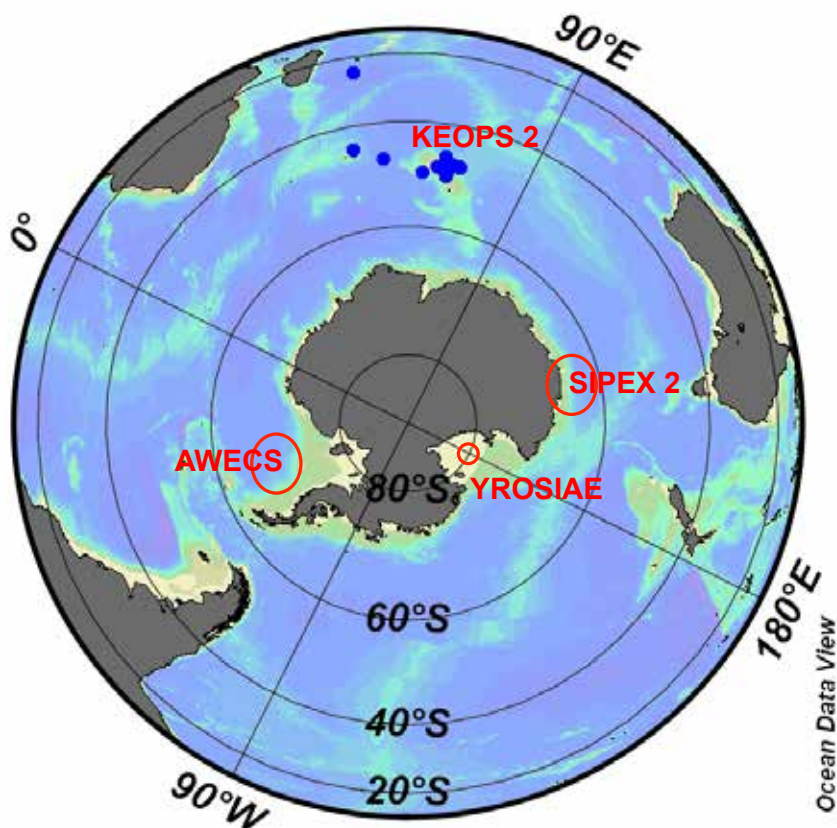
Een eerste onderzoeksthema van het BIGSOUTH-netwerk betreft de biologische, geochemische en fysico-chemische processen die zich voordoen bij de jaarlijkse vorming en smelten van zee-ijs. De impact ervan op de uitwisselingen van klimaatgevoelige gassen zoals  $\text{CO}_2$  (koolstofdioxide),  $\text{N}_2\text{O}$  (lachgas),  $\text{CH}_4$  (methaan), DMS (dimethyl sulfide), ... tussen oceaan en atmosfeer worden bestudeerd, alsook in welke mate algenproductie in zee-ijs en de afvoer van het aangemaakte organisch materiaal naar de diepzee bijdragen tot de biologische koolstofpomp (biopomp).

Bij de vorming van zee-ijs worden nutriënten (waaronder het micronutriënt Fe) aangerijkt in de interstitiële ruimtes (*brine pockets*) in het ijs. Daardoor kunnen in het zee-ijs een zeer hoge algenproductiviteit en -biomassa voorkomen (voornamelijk diatomeeën die een kiezelzuurskelet vormen), wat enerzijds een essentiële energiebron is voor de hogere niveaus van de voedselketen (krill, pinguïns, robben, walvissen) en anderzijds onderdeel vormt van de biologische koolstofpomp. Daarenboven dragen deze lokaal verhoogde algenbiomassa's niet enkel bij tot de opname van  $\text{CO}_2$ , maar leiden zij ook tot de aanmaak van klimaatgevoelige gassen zoals DMS,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , die rechtstreeks het klimaat kunnen beïnvloeden via een positieve of negatieve feedback.

riaal, rijk aan deze spoorelementen, slechts in beperkte mate aangevoerd wordt. Een belangrijke fractie van het fosfaat en nitraat kan dus niet opgenomen worden door het lokale fytoplankton (voornamelijk diatomeeën) en dit water, rijk aan niet-gebruikte macronutriënten, wordt als 'Antarctisch Intermediair Water' noordwaarts afgevoerd, na subductie ter hoogte van het sub-Antarctisch Front. Hierdoor kan in zekere zin gesteld worden dat de Antarctische Oceaan de productiviteit op lagere breedtegraden ondersteunt.

#### Onderzoek binnen het BIGSOUTH-netwerk

Het BIGSOUTH-netwerk heeft als doel meer inzicht te verwerven in de efficiëntie van de koolstofopname via de biopomp in de ijsvrije en ijsbedekte Antarctische Oceaan. Een even belangrijke doelstelling daarnaast, betreft het beter begrijpen van de fysisch-chemische processen die de uitwisselingen bepalen van klimaatgevoelige gassen tussen ijs, oceaan en atmosfeer. De systeem-specifieke en temporele variabiliteit van de biologische koolstofpomp staat hierbij centraal. Naast experimentele studies verbonden





Bemonsteren van  
brijnwater in het  
pakijis: een moeilijke  
opdracht! Foto Stefan  
Hendricks



Het Belgisch team en  
hun Australische, Duitse  
en Finse medewerkers  
vieren het einde van de  
AWECS-campagne (An-  
tarctic Winter Ecosystem  
and the Climate System),  
een ijsdrankje in de hand.  
Foto Stefan Hendricks



Een tweede, verwant, onderzoeksthema betreft de studie van de koolstofbiopomp in regio's van de Antarctische Oceaan die op natuurlijke wijze met ijzer en andere sporelementen gefertiliseerd worden. Het betreft voornamelijk shelfregio's en plateaus ter hoogte van Antarctica en sub-Antarctische eilanden zoals Kerguelen, Crozet, Heard, Bouvet, South Sandwich, McQuarie, ... Hier geeft de topografie van de oceaانبodem aanleiding tot interacties van zeestromingen met de oceaانبodem waardoor micronutriënten uit het sediment in de waterkolom terecht komen. Ook zijn de eilanden zelf, als gevolg van winderosie, een bron van sporelementen voor de aangrenzende oceaan. In combinatie met deze lokale input van micronutriënten ondersteunt de aanvoer van macronutriëntrijk water vanaf de Antarctische Divergentie een hoge productiviteit ter hoogte van deze eilanden.

De voorbije drie jaar hebben de BIGSOUTH-partners deelgenomen aan verschillende expedities in de Antarctische regio (zie kaart). Voor de expeditie *Year Round Sea Ice Air Sea Exchange* (YROSIAE, 2011-2012) werd een gesofisticeerd waarnemingsstation gebouwd ter hoogte van McMurdo aan de Ross Sea. Hier werd het hele jaar door de uitwisseling van gassen gemeten tussen atmosfeer en zee-ijs, en werden de fysico-chemische en biogeochemische processen in zee-ijs bestudeerd, waaronder algenproductiviteit, stikstoftransformaties, fluxen van  $O_2$ ,  $N_2O$ , DMS,  $CH_4$ . De expedities *Sea Ice Processes and Exchanges* (SIPEX 2, oktober-november, 2012) en AWECS (juni - augustus 2013), respectievelijk in de Australische sector (lenteperiode) en in de Weddell Zee (winterperiode), hadden vergelijkbare doelstellingen met eveneens een sterke nadruk

op algenproductiviteit, stikstoftransformaties en fluxen van klimaatgevoelige gassen. In 2011 werd bovendien ook deelgenomen aan de expeditie *Kerguelen open Ocean and Plateau compared Study* (KEOPS 2) naar het ijsvrije Kerguelen Plateau. Hier lag de nadruk op de invloed van een natuurlijke fertilisatie door micronutriënten, waaronder Fe, op de algenproductie en de koolstofbiopomp.

In totaal werden de laatste drie jaar door de BIGSOUTH-partners 34 manmaanden doorgebracht op het terrein, in samenwerking met collega's uit Nieuw-Zeeland, Australië, Frankrijk, Duitsland, Japan.

### **Belangrijke bevindingen van het doorgevoerde onderzoek**

Fe-fertilisatie leidt niet noodzakelijk tot een meer efficiënte sekwestratie van  $CO_2$ , en dit wegens een aanzienlijke, en niet a priori verwachte, ondiepe bacteriële remineralisatie van fytoplanktonbiomassa in het oppervlaktewater. De grotere biomassa's in de oppervlaktelagen geven aanleiding tot een verhoogde graasdruk en bacteriële groei, waardoor het organische materiaal in sterke mate lokaal geremineerd wordt. Naar het einde van het groeiseizoen wordt een relatief kleinere fractie van de opgebouwde biomassa afgevoerd naar de diepzee, waar het mogelijk voor decennia en eeuwen opgeslagen blijft.

Een belangrijke bevinding is tevens dat tijdens de wintermaanden de fytoplanktonbiomassa in zee-ijs aanzienlijk kan zijn en actief is. Een recent vastgestelde toename van de sneeuwval te wijten aan een versnelling van de watercyclus (verdamping – neerslag) als gevolg van klimaatop-

Jean-Louis Tison en Bruno Delille speuren naar aanwezigheid van algen en andere micro-organismen in de brijnkanalen van pakij's tijdens de zomer.







Een albatros in volle zeilvlucht ter hoogte van Kerguelen tijdens KEOPS 2.



De R.V. Marion Dufresne bij stormweer.



Tewaterlating van de CTD-rosette. Deze bestaat uit een frame waarop verschillende 12 liter Niskin-bemonsteringsflessen gemonteerd staan, samen met sensoren voor conductiviteit – temperatuur – diepte, alsook met een opwaarts en een neerwaarts kijkende *acoustic doppler current profiler* (voor het meten van stromingssnelheden) (KEOPS 2-campagne).

warming, zou mogelijk de oorzaak kunnen zijn voor de hogere temperatuur en permeabiliteit van zee-ijs tijdens de winter (sneeuw heeft immers een groot isolerend vermogen). Hierdoor worden de uitwisselingen van zowel gassen als nutriëntenhoudend zoutwater doorheen het ijs vergemakkelijkt, met als gevolg een verhoogde productie van fytoplankton dat aangepast is aan lage lichtintensiteiten. Zee-ijs in winter blijkt dus helemaal geen ondoorlaatbare laag te zijn tussen oceaan en atmosfeer, zoals eerder gedacht. Onze eerdere bevindingen toonden aan dat  $\text{CO}_2$ -opname door Antarctisch zee-ijs tijdens de lente en de zomer, de  $\text{CO}_2$  'sink'-sterkte van de Zuidelijke Oceaan ten zuiden van  $50^\circ\text{Z}$  wel met 50% zou kunnen verhogen. Dit als gevolg van de zee-ijspermeabiliteit en het geïntegreerde effect van ijssmelten, primaire productie door zee-ijsalgen en het oplossen van calciumcarbonaat dat werd neergeslagen in het ijs tijdens de winter. Deze verschillende processen doen immers de partiële druk van het  $\text{CO}_2$ -gas sterk dalen in het zoute water van de *brine pockets*, en dit tot slechts enkele ppm, terwijl de hendaagse partiële druk van  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer 400 ppm bedraagt. Hierdoor fungeert het zee-ijs als sink voor atmosferische  $\text{CO}_2$ . Deze vaststellingen dienen verder bevestigd te worden nu recent duidelijk werd dat zee-ijs ook tijdens de winter permeabel is, waardoor het  $\text{CO}_2$  opgenomen tijdens lente en zomer opnieuw, samen met andere klimaatgevoelige gassen, kan afgegeven worden aan de atmosfeer. |

#### De auteurs

Frank Dehairs (Professor VUB, AMGC), Jean-Louis Tison (Professor ULB, Glaciology), Bruno Delille (Post-Doc, FNRS, ULg, AGO), Luc André (Professor, RMCA & ULB), Hugues Goosse (Professor, UCL, ELI), François Fripiat (Post-Doc, FWO, VUB, AMGC), Sebastien Moreau (Post-Doc, UCL), Anne-Julie Cavagna (Post-Doc, VUB-AMGC), Martin Vancoppenolle (Post-Doc, LOCEAN-CNRS, UPMC), Véronique Schoemann (Post-Doc, ULB, Glaciology), Célia Sapart (Post-Doc, ULB, Glaciology), Bernard Heinesch (Post-Doc, ULg), Jiayun Zhou (PhD, FNRS, ULB - Glaciology, ULg - MARE), Gauthier Carnat (PhD, ULB, Glaciology), Arnout Roukaerts (PhD, VUB, AMGC), Willy Champenois (PhD, ULg, AGO) en Jeroen de Jong (G-Time, ULB).

Het BIGSOUTH-netwerk wordt gefinancierd door het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) in het kader van het onderzoeksprogramma SSD-Wetenschap voor een Duurzame Ontwikkeling.